CIM 導入に向けた RC ボックスカルバート自動設計・積算カルクユニットの改良

東日本旅客鉄道（株）　東北工事事務所　正会員　○小林　香野
東日本旅客鉄道（株）　東北工事事務所　正会員　小塩　美香
東日本旅客鉄道（株）　東北工事事務所　正会員　竹谷　勉
JR 東日本コンサルタンツ（株）　東北支店　正会員　内河　政佳

１．はじめに

これまで鉄道建設技術を支えてきたベテラン技術者が減少しており，建設生産システム全体の効率化に向けた，CIM導入の検討が進められている．建設生産システムにCIMを導入していくために，3次元プロダクトモデルと連携されたツールが開発されてきているが，これらのツールの多くは，設計や積算など単一段階の業務支援ツールである．それぞれの検討結果を横繋ぎし業務の効率化を図るため，著者らはボックスカルバートを対象とした自動設計カルクユニット[1)]を開発した．これにより，3次元地形データとカルクユニットを連携させ，地形TINサーフェス上にボックスカルバートを配置し，自動で設計計算と数量算出を行うことを可能とした．

本開発では，最適数量算出による構造計算のさらなる合理化と，概算工事費算出への連携を目指して，開発当初のユニットの改良を行った．本稿では，ユニットの改良点と，既存の概略設計との比較から本体数量の検証結果について報告する．

２．　本ユニットによる自動計算方法の概要

本研究開発により，①ボックス断面のトライアル計算機能の追加 ②帳票出力機能の拡張による概算工事費の自動算出の 2 点に関して改良を行ったので，以下にその機能を示す．

2.1　断面のトライアル計算機能の追加

断面のトライアル計算フローを図-1 に示す．

部材厚の決定

内空幅と上床版厚の関係を図-2 に示す．既設計 35 ケースから求めた回帰式より，上床版厚を設定する．側壁厚は上床版厚と同一値にしている．同様に，下床版厚は上床版厚と下床版厚の関係から定まる回帰式（上床版厚×1.16）により設定する．

次に，設定した部材厚において，最大鉄筋量（D32 ctc125）にて断面照査し，終局耐力が NG となる場合には，部材厚を 100 mm ずつ増加させる仕様とした．

鉄筋量の決定

鉄筋量のトライアル計算は，先に決定した最大鉄筋量を段階的に減らし，断面照査を行う．その際，安全性の検討として，終局限界状態の検討，浮き上がりの検討，L2 地震動に対する検討，構造細目に関する検討を行う．トライアル計算回数は，主鉄筋は最大 8 回，スターラップは最大 6 回とした．

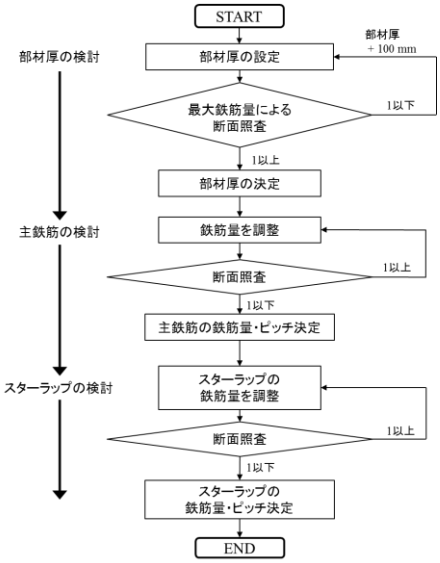

図-1　断面のトライアル計算フロー

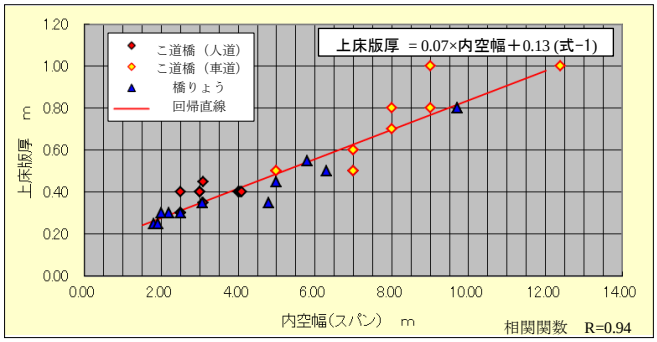

図-2　内空幅と上床版厚の関係

キーワード　CIM，RC ボックスカルバート，設計・施工支援システム，プロダクトモデル
連絡先　〒980-8580　宮城県仙台市青葉区五橋 1-1-1　ＪＲ東日本東北工事事務所工事管理室　ＴＥＬ022-266-3713

2.2 出力機能の拡張・概算工事費自動算出

本ユニットでは，ボックス本体の数量に加え，概算工事費算出に必要となる仮設工の数量も算出可能とした．具体的には，掘削における土留工の有無や土留構造等の条件を選択することで，施工に必要な空間を考慮した初期値を設定し，数量を算出する．出力される数量項目を**表-1** に示す．更に作業時間帯や線路近接の有無といった条件を入れることにより，過去の施工実績から概算工事費の算出を行う．

表-1 数量算出表

分類	作業内容		単位	記事
土工	掘削工	掘削	m^3	
		根堀り	m^3	
	埋戻工	埋戻	m^3	
コンクリートエ	均しコンクリート		m^3	
	砕石工	砕石材料	m^3	
		砕石敷均し	m^3	
	鉄筋工	鉄筋材料	t	
		加工組立	t	
		圧接継手	箇所	
		機械継手	箇所	
	型枠工	型枠	m^2	
		埋設型枠	m^2	
	支保工	鳥居式	空m^3	
		けた式	空m^3	
	足場工	足場	掛m^2	
	コンクリートエ	材料	m^3	
		打設	m^3	
仮設工	仮土留め工		m^2	
	工事桁		t	
	杭延長(鋼管杭)		m	

3．計算結果と検証

3.1 検証方法

3 次元測量によって得られた地形データに本ユニットを連携させ（**図-3** 参照），算出される数量の妥当性を検証した．既存の概略設計（以下，既設計）による成果物の設計条件（配置位置や内空寸法など）を初期条件として設計計算を行い，数量から概算工事費までを自動算出した. 既設計における設計条件を**表-2** に示す.

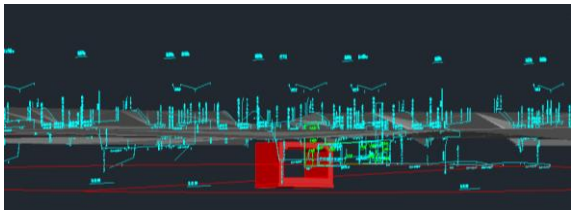

図-3 ボックスカルバートの配置図

表-2 既設計における設計条件

構造形式	1層1径間ボックスカルバート(鉄筋コンクリート構造)	
使用目的	旅客通路	
形状寸法	内空寸法	内空幅 ： 4.3 m　内空高 ： 2.8 m
	部材厚	上床版:0.35 m　下床版:0.5 m　側壁:0.45 m
	延長	5.0 m
設計最高速度	110 km/h	
列車荷重	EA－17	

3.2 検証結果

自動計算の結果と既設計との比較を**表-3** 上段に示す. 本ユニットにより算出された部材厚は，既設計と概ね一致することが確認できた．次に，鉄筋の比較を**表-3** 下段に示す．本ユニットでは，上床版・側壁・下床版の鉄筋径及びピッチを一律で設定しているため差異は生じるものの，総鉄筋量は概ね一致しており，概略レベルの業務支援ツールとしては適用可能であると考えられる.

表-3 既設計との比較

	上床版 m	側壁 m	下床版 m	コンクリート数量 t
既設計	0.35	0.45	0.5	35.15
カルクユニット	0.4	0.4	0.5	35

	部材		主鉄筋径	ピッチ	スターラップ	鉄筋量 t
既設計	上床版	外側	D22	250	D13-2組/m ctc125	4.8
		内側	D19	125		
	側壁	外側	D22	250	D13-2組/m ctc250	
		内側	D22	250		
	下床版	外側	D16	125	D13-1組/m ctc125	
		内側	D22	250		
カルクユニット	上床版 側壁 下床版	外側	D16	125	D16-1組/m ctc125	5.3
		内側	D16	125		

4．結論

今回改良した本ユニットによる計算結果は，既設計と概ね一致しており，本ユニットの妥当性が確認できた．開発当初は，鉄筋量を固定条件として部材厚を決定していたが，改良により以下の項目が可能となった.

1. 最適数量算出

   部材厚が決定していない計画段階であっても，既設計の実績から部材厚の初期値を算出し，トライアル計算により最適な鉄筋量が算出可能

2. 計画段階における概算数量，概算工事費の把握

   作業内容別に数量を算出し，過去の実績データによる単価を読み込み，概算工事費まで算出可能

今後は，さらに多くのサンプルデータを用いて概算工事費を含めた結果の検証を行い，本ユニットが適用可能である条件を整理し明確化していく予定である.

参考文献

1） 小林・小塩・竹谷： RC ボックスカルバートを対象とした CIM 自動設計カルクユニットの開発，平成 29 年度土木学会東北支部技術研究発表会, 2018